

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-003878

(43)Date of publication of application : 07.01.2000

(51)Int.Cl.

H01L 21/205

C23G 16/50

H05H 1/46

(21)Application number : 10-193983

(71)Applicant : MITSUBISHI HEAVY IND LTD

(22)Date of filing : 09.07.1998

(72)Inventor : YAMAKOSHI HIDEO
YAMAGUCHI KENGO
MURATA MASAYOSHI
TAKEUCHI YOSHIKI
NAWATA YOSHIOCHI
SATAKE KOJI
KOKAJI SOJI
MORITA SHOJI
KUDOME MASATOSHI
HORIOKA RYUJI
MASHIMA HIROSHI

(30)Priority

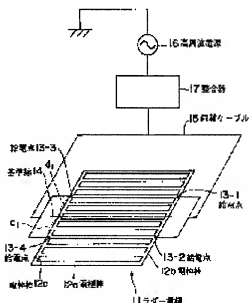
Priority number : 10104357 Priority date : 15.04.1998 Priority country : JP

(54) DISCHARGE ELECTRODE AND HIGH FREQUENCY PLASMA GENERATOR USING THE SAME, AND FEEDING METHOD THEREFOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a plasma depositing device which can form an amorphous thin film or a fine crystal thin film with a uniform thickness and provide a high frequency discharge electrode used in the plasma deposition device.

SOLUTION: A plurality of electrode rods 12a are arranged in parallel with each other, and both ends of the rods 12a are connected to each other with electrode rods 12b and 12c to form a ladder-shaped high frequency discharge electrode 11. Feeding points 13 (13-1 to 13-4) are arranged at predetermined positions which are symmetrical with respect to a reference line 14, which is a bisector of one side of the ladder-shaped electrode 11. With this constitution, voltage variations on the ladder-shaped electrode which has effects on the uniformity of a discharge distribution can be suppressed sufficiently and a uniform film forming speed distribution can be obtained, so that uniform deposition can be realized, even if the area of the deposition becomes vary



large.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11) 特許番号

特許第3332857号
(P3332857)

(45) 発行日 平成14年10月7日(2002.10.7)

(24) 登録日 平成14年7月26日(2002.7.26)

(51) Int.Cl.⁷ 識別記号

H 0 1 L 21/205

C 2 3 C 16/50

H 0 5 H 1/46

F I

H 0 1 L 21/205

C 2 3 C 16/50

H 0 5 H 1/46

L

請求項の数12(全 22 頁)

(21) 出願番号 特願平10-163983

(22) 出願日 平成10年7月9日(1998.7.9)

(65) 公開番号 特開2000-3878(P2000-3878A)

(43) 公開日 平成12年1月7日(2000.1.7)

審査請求日 平成12年6月13日(2000.6.13)

(31) 優先権主張番号 特願平10-104357

(32) 優先日 平成10年4月15日(1998.4.15)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

前置審査

(73) 特許権者 000006208

三菱重工株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目5番1号

(72) 発明者

山越 英男

神奈川県横浜市金沢区幸浦一丁目8番地

1 三菱重工株式会社 基盤技術研究

所内

(72) 発明者

山口 賢剛

神奈川県横浜市金沢区幸浦一丁目8番地

1 三菱重工株式会社 基盤技術研究

所内

(72) 発明者

村田 正義

長崎県長崎市深堀町五丁目717番1号

三菱重工株式会社 長崎研究所内

100078499

(74) 代理人

弁理士 光石 俊郎 (外 3 名)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 高周波プラズマ発生装置及び給電方法

1

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】 反応容器内に放電電極と基板支持手段とが平行に配置されてなり、整合器を介して高周波電源から前記放電電極に高周波電力を給電する高周波プラズマ発生装置であって、
前記放電電極が少なくとも2点以上の高周波電力の給電点を有するラダー型又はグリッド型放電電極であると共に、
伝送線路を放電電極の給電部に接続する際、給電点と伝送線路のパワーラインを結ぶ絶縁されていないむき出しの金属コネクタ部の太さを、給電部付近の電極棒の太さと少なくとも同じにすることを特徴とする高周波プラズマ発生装置。

【請求項2】 請求項1において、
基板に対向しない、放電電極の周辺部に前記給電部を設

2

けたことを特徴とする高周波プラズマ発生装置。

【請求項3】 請求項1又は2のいずれか一において、
給電点と伝送線路のアースラインの終端金属部の距離を、少なくとも1cm以上とすることを特徴とする高周波プラズマ発生装置。

【請求項4】 請求項1乃至3のいずれか一において、
伝送線路のパワーラインの金属部分から接地部分までの最短距離を、少なくとも1cm以上とすることを特徴とする高周波プラズマ発生装置。

10 【請求項5】 請求項1乃至4のいずれか一において、
放電電極への給電部の金属コネクタを、外径1.0mm以上4.0mm以下の絶縁物で覆うことを特徴とする高周波プラズマ発生装置。

【請求項6】 請求項5において、金属コネクタの外周と絶縁物の内周の隙間を、3mm以下とすることを特徴

3

とする高周波プラズマ発生装置。

【請求項 7】 請求項 1 乃至 6 のいずれか一において、放電電極への給電構造が、伝送線路をコネクタとレセプタクルとで接続する構造とし、コネクタとレセプタクルの接続部内部の中芯導体と外部シールドの間の径方向の隙間をそれぞれ 3 mm 以下とした絶縁構造とすることを特徴とする高周波プラズマ発生装置。

【請求項 8】 反応容器内に放電電極と基板支持手段とが平行に配置されてなり、整合器を介して高周波電源から前記放電電極に高周波電力を給電する高周波プラズマ発生装置であって、
前記放電電極がラダー型放電電極であり、

該ラダー型放電電極の電極面のうち基板と対向する範囲のすべての点から前記給電点の少なくとも 1 つまで電極に沿って測った最短の距離が、高周波の真空中波長の $1/4$ 以下となるように給電点の数と給電点の位置を設定することを特徴とする高周波プラズマ発生装置。

【請求項 9】 反応容器内に放電電極と基板支持手段とが平行に配置されてなり、整合器を介して高周波電源から前記放電電極に高周波電力を給電する高周波プラズマ発生装置であって、

放電電極への高周波供給を多点で行う際に、高周波供給源からの一出力を複数に分割する給電線路が同軸ケーブルであり、該同軸ケーブルを 2 分割し、それぞれ高周波のケーブル内の波長の 4 分の 1 の長さで、前記同軸ケーブルと同じ特性インピーダンスの同軸ケーブルに接続し、さらにその先端をそれぞれ 2 分割し、それぞれ前記同軸ケーブルと同じ特性インピーダンスの同軸ケーブルを接続することにより複数に分割することを特徴とする高周波プラズマ発生装置。

【請求項 10】 請求項 9 において、同軸ケーブルが分布定数線路であることを特徴とする高周波プラズマ発生装置。

【請求項 11】 反応容器内にラダー型又はグリッド型放電電極と基板支持手段とが平行に配置されてなり、整合器を介して高周波電源から前記放電電極に高周波電力を給電する高周波プラズマ発生装置の給電方法であって、

前記給電点を 2 点以上の多点として給電すると共に、前記放電電極の電極面のうち基板と対向する範囲のすべての点から前記給電点の少なくとも 1 つまで電極に沿って測った最短の距離が、高周波の真空中波長の $1/4$ 以下となるように給電点の数と給電点の位置を設定しつつ給電することを特徴とする高周波プラズマ発生装置の給電方法。

【請求項 12】 請求項 11 において、放電電極への高周波供給を多点で行う際に、高周波供給源からの一出力を複数に分割する給電線路が同軸ケーブルであり、該同軸ケーブルを 2 分割し、それぞれ高周波のケーブル内の波長の 4 分の 1 の長さで、前記同軸ケー

4

ブルと同じ特性インピーダンスの同軸ケーブルに接続し、さらにその先端をそれぞれ 2 分割し、それぞれ前記同軸ケーブルと同じ特性インピーダンスの同軸ケーブルを接続することにより複数に分割しつつ給電することを特徴とする高周波プラズマ発生装置の給電方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】太陽電池や薄膜トランジスタ等に用いられるアモルファスシリコン、微結晶シリコン、多結晶シリコン、窒化シリコン等の半導体の製膜や、半導体膜のエッチングに用いられる高周波プラズマ発生装置及びその給電方法に関する。

【0002】

【従来の技術】前記高周波プラズマ発生装置の一例としてアモルファスシリコン（以下、「a-Si」という。）薄膜や窒化シリコン（以下、「SiNx」という。）薄膜を製造するために、従来より用いられているプラズマ化学蒸着装置（以下、「PCVD」又は「蒸着装置」という。）の構成について、2 つの代表的例について説明する。すなわち、放電発生に用いる電極として、①ラダー電極を用いる方法及び②平行平板電極を用いる方法について以下に説明する。

【0003】① まず、ラダー電極を用いる方法については、特開平 4-236781 号公報には、はしご状平面形コイル電極として各種形状の電極を用いたプラズマ CVD 装置が開示されている。本方法の代表的な構成を示す図 21 を用いて説明する。図 21 に示すように、この PCVD 装置は、反応容器 01 内に放電用ラダー電極（以下、「ラダー電極」という。）02 と基板加熱用ヒータ 03 とが平行に配置されており、前記放電用ラダー電極 02 には、高周波電源 04 からインピーダンス整合器 05 を介して例えば 13.56 MHz の高周波電力が供給されている。前記放電用ラダー電極 02 は、その斜視図をあらわす図 22 に示すように、ラダー電極 02 の一端には、インピーダンス整合器 05 を介して高周波電源 04 が接続されており、ラダー電極 02 の他端には、アース線 06 が接続されており、図 21 に示す反応容器 01 とともに接地されている。

【0004】前記放電用ラダー電極 02 に供給された高周波電力は、反応容器 01 内に配設された基板加熱用ヒータ 03 と放電用ラダー電極 02 との間にグロー放電プラズマを発生させ、放電用ラダー電極 02 のアース線 06 を介してアースへ流れる。なお、このアース線 06 には同軸ケーブルが用いられている。

【0005】前記反応容器 01 内には、図示しないボンベから反応ガス導入管 07 を通して、例えばモノシランと水素との混合ガスが反応ガス 08 として供給される。供給された反応ガス 08 は、放電用ラダー電極 02 により発生したグロー放電プラズマにより分解され、基板加熱用ヒータ 03 上に保持され、所定の温度に加熱された

50

基板09上に堆積する。また、反応容器01内のガスは、排気管010を通して真空ポンプ011により排気される。

【0006】以下、前記装置を用いて基板に薄膜を製造する場合について説明する。図21に示すように、真空ポンプ011を駆動して反応容器01内を排気した後、反応ガス導入管07を通して、例えば、モノシランと水素との混合ガスを反応ガス08として供給し、反応容器01内の圧力を0.05～0.5 Torrに保つ。この状態で、高周波電源04から放電用ラダー電極02に高周波電力を印加すると、グロー放電プラズマが発生する。反応ガス08は、放電用ラダー電極02と基板加熱用ヒータ03間に生じるグロー放電プラズマによって分解され、この結果SiH₂, SiH₃などのSiを含むラジカルが発生し、基板09表面に付着してa-Si薄膜が形成される。

【0007】② 次に、放電発生に用いる電極として平行平板電極を用いる方法について図23を参照して説明する。図23に示すように、反応容器021内に高周波電極022と基板加熱用ヒータ023とが平行に配置されている。前記高周波電極022には、高周波電源024からインピーダンス整合器025を介して例えば13.56 MHzの高周波電力が供給される。基板加熱用ヒータ023は、反応容器021とともに接地され、接地電極となっている。従って、高周波電極022と基板加熱用ヒータ023との間でグロー放電プラズマが発生する。

【0008】前記反応容器021内には図示しないポンプから反応ガス導入管026を通して例えばモノシランと水素との混合ガスが反応ガス027として供給される。反応容器021内のガスは、排気管028を通して真空ポンプ029により排気される。基板030は、基板加熱用ヒータ023上に保持され、所定の温度に加熱される。

【0009】上述した構成の装置を用いて、以下のようにして薄膜を製造する。図23に示すように、真空ポンプ029を駆動して反応容器021内を排気する。次に、反応ガス導入管026を通して例えばモノシランと水素との混合ガスを反応ガス027として供給し、反応容器021内の圧力を0.05～0.5 Torrに保ち、高周波電源023から高周波電極022に電圧を印加すると、

グロー放電プラズマが発生する。反応ガス導入管026から供給された反応ガス027のうち、モノシランガスは高周波電極022と基板加熱用ヒータ023との間に生じるグロー放電プラズマによって分解される。この結果、SiH₂, SiH₃等のSiを含むラジカルが発生し、基板030表面に付着して、a-Si薄膜が形成される。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、放電発生に用いる電極として、①ラダー電極を用いる方法及び②平行平板電極を用いる従来の方法は、いずれも次のような問題を有している。

① 図21において、ラダー電極02近傍に発生した電界により反応ガス（例えばSiH₄）等は、Si, SiH, SiH₂, SiH₃, H₂等によって分解され、基板09の表面にa-Si膜を形成する。しかしながら、a-Si膜形成の高速化を図るため、高周波電源の周波数を現状の13.56 MHzより、30 MHz ないし300 MHz（超高周波帯Very High Frequency 以下VHF帯）へ高くすると、ラダー電極02近傍の電界分布が一様性がくずれ、その結果として、基板09に成膜されるa-Si膜の膜厚分布が極端に悪くなる、という問題がある。

【0011】図24は、ラダー電極02を用い、基板面積30 cm×30 cmでのプラズマ電源周波数と膜厚分布（平均膜厚からのずれ）との関係を示す。膜厚分布の一様性（±10%以内）を確保できる基板の大きさ即ち面積は5 cm×5 cm ないし20 cm×20 cm程度である。

【0012】ラダー電極02を用いる方法のVHF帯での均一製膜が困難な理由は次の通りである。VHF帯の波長は表1に示すとおり、真空中で1～10 mで、製膜装置の回路のサイズと同等オーダーである。電力の伝送に用いられる同軸ケーブルや、ラダー電極など、分布定数線路中ではさらに波長が短くなり、同軸ケーブルの場合、波長は0.67倍に短くなる。回路内にインピーダンス不整合が存在して反射がおきるとき、定在波が立つが、その節、腹の間隔は、線路波長の1/2である。

【0013】

【表1】

主周波数に於ける各種波長

周波数 (MHz)	真空中波長 (m)	同軸ケーブル中波長 (m)	同軸ケーブル中の 定在波節間隔 (m)
13.56	22.1	14.8	7.4
60	5.0	3.4	1.7
100	3.0	2.0	1.0
200	1.5	1.0	0.5

【0014】したがって、大面積電極では、定在波の影響で生じる電圧分布のために、電極近傍の電界分布が不均一となり放電が不均一になる。この様子は第1の先行技術文献(J. Appl. Phys. 54(8), 1983, p.4367)に記されている。この文献では一次元の定在波分布による放電の不均一性が記されており、ラダー電極でも電極棒1本1本について、このような不均一性が生じると考えられる。

【0015】また図22に示すアース線06は、その長さが「表1」に示す波長と同程度となるため、アースとして働かず、波長の1/4で開放端、1/2で短絡端として働き、電圧・電流分布を左右してしまう。さらに、VHF帯では、電極と周囲の構造物、アース板などとの間に生じる浮遊容量や、電極棒に沿った残留インダクタンスなどによる電圧・電流分布が無視できなくなり、不均一性が悪化する。

【0016】例えば長さ数十cmの電極棒は数nHのインダクタンスを持っており、100MHzではこれは数Ωのインピーダンスに相当し、同じく数Ωのプラズマインピーダンスと較べて無視できない。

【0017】さらに、VHF帯では表皮効果により電流が流れにくくなり、100MHzで1m当たり0.5Ω程度の抵抗値となり、放電の不均一性及び電流損失の原因となる。

【0018】以上のような原因で放電が不均一になるため、均一な製膜は困難である。従って、量産性向上や低コスト化に必要な大面積基板に関するプラズマ電源の高周波数化による成膜速度の向上は非常に困難である。なお、a-Siの成膜速度はプラズマ電源周波数の2乗に比例するので、関連技術分野の学会においても研究が活発化している。さらに、大面積化への成功例はまだない。

【0019】また、ラダー電極02への給電では、従来13.56MHzを用いていた際には市販同軸ケーブルの中心導体をラダー電極の棒にねじ止めるだけで特に問題なかったが、VHF帯でのプラズマ発生では、中心導体、同軸ケーブルのアースシールド周辺に、不必要で強いプラズマが発生する。特にハイパワー時にはかなり強いプラズマが局所的に発生する。このプラズマにより給電点付近の製膜速度は局所的に速くなってしまった、

膜質が低下したり、場合によっては粉が発生してしまう、という問題がある。

【0020】図23において、高周波電極022と基板加熱用ヒータ023との間に発生する電界により、反応ガス(例えばSiH₄)は、Si, SiH, SiH₂, SiH₃, H, H₂等に分解され、基板030の表面にa-Si膜を形成する。しかしながら、a-Si膜形成の高速化を図るため、高周波電源022の周波数を現状の13.56MHzより、VHF帯へ高くすると、高周波電極022と基板加熱用ヒータ023間に発生する電界分布の均一性がくずれ、その結果として、a-Si膜の膜厚分布が極端に悪くなる。

【0021】図24は、平行平板型電極022を用い、基板面積30cm×30cmでのプラズマ電源周波数と膜厚分布(平均膜厚からのずれ)の関係を示す特性図である。膜厚分布の均一性(±10%以内)を確保できる基板の大きさ即ち面積は、5cm×5cmないし20cm×20cm程度である。

【0022】平行平板電極を用いる方法によるVHF帯における均一製膜が難しい理由は次の通りである。まず、平行平板型は、ラダー電極型と較べて、もともと反応性ガスの供給を均一に行いにくい構造である。第2の先行技術文献(Mat. Res. Soc. Symp. Proc. Vol. 219 (1991) p.631.)に問題点が詳しく述べられているように、図23のように反応ガス供給管026からガス027を供給すると、基板030上の供給側に近い部分と遠い部分で、製膜速度に差が出てしまう。また図示はしないが、高周波電極022に多数の穴を設け、そこから反応ガスを供給する方法でも、ガスの拡散体積が狭いために、不均一な膜厚分布になりやすい。

【0023】さらに、VHF帯では、ラダー電極と同じ様に定在波の影響により、電圧分布が悪化し、放電の不均一性が生じる。しかも、ラダー電極では、電流の流れが、電極棒方向に制限され、終端インピーダンスもアース線で決定されるのに対し、平行平板では電圧分布、電流分布が2次元となり、終端インピーダンスも電極22の周全体であるため複雑なものとなり、場合によっては時間変化を伴う不均一な放電分布となる。

【0024】一方、ラダー電極ではプラズマを生成する電界分布が、もともと電極棒のまわりの不均一な分布で

あるために、多少の定在波の存在があってもそれほど影響を受けないのに対し、平行平板型は均一電界分布によりプラズマを生成しているため、少しでも電界の不均一性が乱れると、プラズマの不均一性が著しく悪化する特性を持つ。

【0025】したがって、量産性向上や低コスト化に必要な大面積基板に関するプラズマ電源の高周波化による成膜速度の向上は、非常に困難である。なお、 $a-Si$ の成膜速度はプラズマ電源周波数の2乗に比例するので、関連技術分野の学会においても研究が活発化しているが、大面積化への成功例はまだ無い。

【0026】第3の先行技術文献(L. Sansonnens et al., Plasma Sources Sci. Technol. 6(1997) p.170)には、平行平板型を用いたVHF帯での大面積製膜が報告されている。この先行技術文献では、70MHzで中央に給電した場合、 $\pm 3.8\%$ の不均一性があるとしている。これは図24に示す我々の結果と同等であり、太陽電池や薄膜トランジスタ等には利用できないレベルの不均一性である。同じく70MHzで4点に給電することにより不均一性が改善され、 $\pm 1.8\%$ になるとしているが、それでも太陽電池等に必要なる $\pm 1.0\%$ の不均一性を達成できていない。

【0027】また、上述したラダー型及び平行平板型電極以外に、グリッド状(格子状又は網状)放電電極を用いたプラズマ化学蒸着装置が提案されている。このグリッド状高周波放電電極を用いたプラズマ化学蒸着装置の構成の概略を図25に示す。

【0028】図25に示すように、PCVD031は、真空容器032内に原料ガス033を導入するガス導入口034を有する原料ガス供給部材035と、該原料ガス供給部材035と対向して配置された基板加熱装置を兼用する基板支持手段036に支持された基板037と、該基板037と原料ガス供給部材035との間に配されたグリッド状高周波放電電極038とを配設したものである。図中符号039は真空ポンプ、040は高周波電源をそれぞれ示す。

【0029】上述した蒸着装置031による非晶質薄膜及び微結晶薄膜の製造方法を以下に示す。基板加熱装置を兼用する基板支持手段036に基板(例えばガラス、ステンレス、耐熱性高分子材料)037を固定し、所定の温度(例えば200℃)まで加熱する。また、真空容器032内を真空ポンプ039にて真空排気する(例えば 1×10^{-6} Torr程度まで)。次に、原料ガス(例えばSiH₄、ガス)033を原料ガス導入口034から真空容器032内へ導入する。真空容器032内及び原料ガス圧力及び流量が所定の値(例えば0.1 Torrで800 sccm)になるよう導入流量と排気流量とを調整する。

【0030】次に、高周波放電電極08に高周波電源040より高周波電力(例えば60MHzで800W)を

入力し、高周波放電電極038の周辺に原料ガス032のプラズマ041を発生させる。導入された原料ガス033はプラズマ041により活性化され、ラジカルな状態(例えばSiH₃・やSiH₂・、以下ラジカルという)になる。基板支持手段036に支持された基板037表面まで到達したラジカルは互いに化学的な結合をしながら基板037表面に堆積し、薄膜(例えばアモルファスシリコン薄膜、微結晶シリコン薄膜等)を形成する。

【0031】近年、アモルファスシリコン太陽電池、微結晶シリコン太陽電池、薄膜トランジスタを用いた液晶表示装置等は、大面積化の要求が高まっており、製造装置であるPCVD装置も大面積化の方向に進んでいる。

【0032】しかしながら、大面積化すると薄膜の均一な蒸着(例えば物性、膜厚等)が困難になるという問題がある。これは、①基板面上への供給ガスの流量分布の不均一性、②放電電極面上の電圧分布の不均一性が主な要因とされている。また、成膜速度や膜厚向上のための一手段として、電源周波数の高周波化の方向にも進んでおり、従来良く用いられている13.56MHzから、更に高い周波数領域(例えば40~200MHz)への高周波化が行われているが、この領域では波長が基板サイズと同程度のオーダーとなるため、定在波の影響等による電極面上の電圧分布の不均一性がさらに顕著となり、大面積での均一な成膜を妨げる新たな要因となっている。

【0033】図26は従来のプラズマ化学蒸着装置における供給ガスの流量分布の均一性を高める原料ガス供給管051、高周波放電電極052、基板053の形状及び配置の一例を示す。図26に示すように、原料ガス供給管051は、基板053全面に原料ガスを供給できるように、ガス吹き出し孔054を設けたガス管055をハシゴ状に配置した形状であり、基板053と平行となるように配置されている。また、高周波放電電極052も基板053全面にプラズマを発生させ、且つガス供給管051からの原料ガスの流れを遮ることなく、一様に供給できるように、電極棒056をハシゴ状に配置した形状で、基板と平行に配置されている。図26に示すような高周波放電電極052においては、給電点057は中央部分に設けられている。

【0034】図26に示す方法では、一般に用いられる平行平板型の電極を用いた場合と比べると、供給ガスの流量の分布の均一性を高めることができるので、従来の13.56MHzの電源周波数での成膜では、大面積での薄膜の均一性は良好であった。しかしながら、高速高品質成膜等のために従来よりも高い周波数領域の電源周波数を用いる場合、従来の技術にかかる高周波放電電極の形状では電圧分布が不均一になりやすく、高周波放電電極全体に均一なプラズマを発生させることが困難であった。

【0035】図26に示す高周波放電電極052を用い

11

た電圧分布を図27に示す。図27に示すように、中央部分に給電点057を有する電極棒056の部分の電圧が高い不均一な電圧分布になっており、プラズマが不均一になっていることが示される。

【0036】一方、先に述べたように、第3の先行技術文献によれば、平行平板型PCVD装置では、電極面上の中央若しくは中央を中心とする対称な4点に給電することによって、電源周波数が70MHzでも比較的均一な電圧分布が得られ、比較的均一な薄膜が得られている。しかしながら、この従来技術においても、膜厚の不均一性は±18%と高く、十分に均一な薄膜(±10%以下)は得られていないのが、現状であり、均一な薄膜を得ることができるPCVD装置が望まれている。

【0037】本発明は、前記問題に鑑み、膜厚が均一な非晶質薄膜及び微結晶薄膜を製造することができるプラズマ蒸着装置及びその給電方法を提供することを課題とする。

【0038】

【0039】

【0040】

【課題を解決するための手段】前記課題を解決する第1の発明は、反応容器内に放電電極と基板支持手段とが平行に配置されてなり、整合器を介して前記放電電極に高周波電力を給電する高周波プラズマ発生装置であって、前記放電電極が少なくとも2点以上の高周波電力の給電点を有するラダー型又はグリッド型放電電極であると共に、伝送線路を放電電極の給電部に接続する際、給電点と伝送線路のパワーラインを結ぶ絶縁されていないむき出しの金属コネクタ部の太さを、給電部付近の電極棒の太さと少なくとも同じにすることを特徴とする高周波プラズマ発生装置にある。

【0041】第2の発明は、第1の発明において、基板に対向しない、放電電極の周辺部に前記給電部を設けたことを特徴とする高周波プラズマ発生装置にある。

【0042】第3の発明は、第1又は2の発明において、給電点と伝送線路のアースラインの終端金属部の距離を、少なくとも1cm以上とすることを特徴とする高周波プラズマ発生装置にある。

【0043】第4の発明は、第1乃至3のいずれかの発明において、伝送線路のパワーラインの金属部分から接地部分までの最短距離を、少なくとも1cm以上とすることを特徴とする高周波プラズマ発生装置にある。

【0044】第5の発明は、第1乃至4のいずれかの発明において、放電電極への給電部の金属コネクタを、外径10mm以上40mm以下の絶縁物で覆うことを特徴とする高周波プラズマ発生装置にある。

【0045】第6の発明は、第5の発明において、金属コネクタの外周と絶縁物の内周の隙間を、3mm以下とすることを特徴とする高周波プラズマ発生装置にある。

【0046】第7の発明は、第1乃至6のいずれかの

12

発明において、放電電極への給電構造が、伝送線路をコネクタとレセプタクルとで接続する構造とし、コネクタとレセプタクルの接続部内部の中心導体と外部シールドの間の径方向の隙間をそれぞれ3mm以下とした絶縁構造とすることを特徴とする高周波プラズマ発生装置にある。

【0047】第8の発明は、反応容器内に放電電極と基板支持手段とが平行に配置されてなり、整合器を介して高周波電源から前記放電電極に高周波電力を給電する高周波プラズマ発生装置であって、前記放電電極がラダー型放電電極であり、該ラダー型放電電極の電極面のうち基板と対向する範囲のすべての点から前記給電点の少なくとも1つまで電極に沿って測った最短の距離が、高周波の真空中波長の1/4以下となるように給電点の数と給電点の位置を設定することを特徴とする高周波プラズマ発生装置にある。

【0048】第9の発明は、反応容器内に放電電極と基板支持手段とが平行に配置されてなり、整合器を介して高周波電源から前記放電電極に高周波電力を給電する高周波プラズマ発生装置であって、放電電極への高周波供給を多点で行う際に、高周波供給源からの一出力を複数に分割する給電線路が同軸ケーブルであり、該同軸ケーブルを2分割し、それぞれ高周波のケーブル内の波長の4分の1の長さで、前記同軸ケーブルと同じ特性インピーダンスの同軸ケーブルに接続し、さらにその先端をそれぞれ2分割し、それぞれ前記同軸ケーブルと同じ特性インピーダンスの同軸ケーブルを接続することにより複数に分割することを特徴とする高周波プラズマ発生装置にある。

【0049】第10の発明は、第9の発明において、同軸ケーブルが分布定数線路であることを特徴とする高周波プラズマ発生装置にある。

【0050】第11の発明は、反応容器内にラダー型又はグリッド型放電電極と基板支持手段とが平行に配置されてなり、整合器を介して高周波電源から前記放電電極に高周波電力を給電する高周波プラズマ発生装置の給電方法であって、前記給電点を2点以上の多点として給電すると共に、前記放電電極の電極面のうち基板と対向する範囲のすべての点から前記給電点の少なくとも1つまで電極に沿って測った最短の距離が、高周波の真空中波長の1/4以下となるように給電点の数と給電点の位置を設定しつつ給電することを特徴とする高周波プラズマ発生装置の給電方法にある。

【0051】第12の発明は、第11の発明において、放電電極への高周波供給を多点で行う際に、高周波供給源からの一出力を複数に分割する給電線路が同軸ケーブルであり、該同軸ケーブルを2分割し、それぞれ高周波のケーブル内の波長の4分の1の長さで、前記同軸ケーブルと同じ特性インピーダンスの同軸ケーブルに接続し、さらにその先端をそれぞれ2分割し、それぞれ前記

50

同軸ケーブルと同じ特性インピーダンスの同軸ケーブルを接続することにより複数に分割しつつ給電することを特徴とする高周波プラズマ発生装置の給電方法にある。

【0052】

【0053】

【0054】

【0055】

【0056】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について説明するが、本発明はこれに限定されるものではない。

【0057】【第1の実施の形態】図1は第1の実施の形態のラダー電極への給電部の一詳細図であり、ラダー電極への少なくとも2点以上の多点給電の一例を示す。図1に示すように、本実施の形態にかかる蒸着装置のラダー電極11は、複数の電極棒12aを平行に並べ、その両端を電極棒12b、12cでつないで、梯子状の電極を構成してなり、給電点13（13-1〜13-4）を高周波放電電極11の一边の二等分線を基準線14として線対称の所定の距離に配置してなるものである。前記給電点13-1〜13-4には、電送線路として同軸ケーブル15を用い、高周波電源16から整合器17を介して高周波電力が供給されている。高周波電源16より整合器17および同軸ケーブル15を介してラダー電極11の4つの給電点13（13-1〜13-4）に給電している。

【0058】①ラダー電極11を用いたプラズマ発生装置において、ラダー電極11への給電点13を、2点以上、好ましくは、4点以上の多点としている。

【0059】②①において少なくとも、電極面のうち基板と対向する範囲のすべての点から、好ましくは放電電極11の電極面上のすべての点から、前記①の給電点の少なくとも1つまでのラダー電極を構成する金属棒に沿って測った最短の距離が、高周波の真空中波長の1/4以下、好ましくは1/8以下となるように給電点の数と給電点の位置を設定してやる。このように設定することにより、基板上の放電分布の均一性に影響するラダー電極上の電圧分布を充分小さく抑えることができる。したがって、均一な製膜速度分布を得ることができる。

【0060】③①において、ラダー電極11上の給電点13は、基板と対向しない位置、すなわち、ラダー電極11の周辺部に設けようとしている。特に、好ましくはラダー電極11の枠部に付けるのがよい。これは、給電点13には、給電に用いる電力伝送線路（以下「伝送線路」という。）として、例えば同軸ケーブル15を用いて接続した場合、このまわりにラダー電極11のまわりと同様にプラズマが発生するが、このプラズマはモニタランを分解し、アモルファスシリコン製膜のもととなるSiH₄などのラジカルを発生してしまうので、この給電部付近の基板面の製膜速度が他の部分と較べて

高くなってしまうからである。そこで、製膜速度分布がこのような給電部付近のプラズマの影響を受けないように、給電部13は基板25に対向しない、ラダー電極の周辺部に付けるようにしている。

【0061】④①において、整合器17から各給電点13までの電力伝送線路の長さを等しくしている。これにより、各給電点の高周波電圧の位相を等しくすることができ、不安定で統一性のない定波が立つことを防止でき、製膜速度均一化の際に必要な給電点位置の微調整が比較的容易にできる。

【0062】⑤①において、ラダー電極11上の各給電点13の位置を、ラダー電極11の中心を基準線14として所定距離（d₁）を持って線対称な配置とする。これにより、ラダー電極11上の電圧分布が対称な形となり、分布のさらなる均一化のために必要な給電点位置の微調整が簡単になる。また、点対称の配置（給電点13-1及び給電点13-4）としてもよい。

【0063】なお、本実施の形態の具体的な実施例は第1の実施例〜第6の実施例において、詳細に説明する。

【0064】【第2の実施の形態】図15は、第3の実施の形態のラダー電極への給電部の一詳細図であり、図16はその要部側面図である。

① ラダー電極11を用いたVHF帯高周波プラズマによる製膜装置において、伝送線路（例えば同軸ケーブル15）をラダー電極11の給電部に接続する場合、ラダー電極11の給電点13と伝送線路（例えば同軸ケーブル15）のパワーライン（例えば同軸ケーブルの場合中心導体）を絶縁されておらず、むき出しの金属コネクタ部101の太さを、給電部付近のラダー電極棒12aの太さと少なくとも同じに、好ましくは図16のコネクタ部101のように、太くしている。これにより、中心導体のまわりおよびシールドのまわりにコロナ放電の強い放電が生じることが解消され、製膜速度分布の悪化が防止されるとともに、粉の発生を防ぐことができる。

【0065】② 給電点13と伝送線路（例えば同軸ケーブル15）のアースライン（例えば同軸ケーブル15のアースシールド15a）の終端金属部104の距離（a）を、少なくとも1cm以上、好ましくは2cm以上としている。これにより、中心導体のまわりおよびシールドのまわりにコロナ放電の強い放電が生じることが解消され、製膜速度分布の悪化が防止されるとともに、粉の発生を防ぐことができる。

【0066】③ 伝送線路（例えば同軸ケーブル15）のラダー電極11への取り付けを、ラダー電極11の基板と反対側（裏側）からとし、その取り付け角度を少なくとも斜め45°以上、好ましくは図16に示すように、垂直（90°）に取付けようとしている。これにより、中心導体のまわりおよびシールドのまわりにコロナ放電の強い放電が生じることが解消され、製膜速度分布の悪化が防止されるとともに、粉の発生を防ぐことができ

る。
 【0067】④ 給電線路のパワーライン（例えば同軸ケーブル15の場合中心導体）もしくは金属コネクタ101の絶縁されていないむき出しの部分からアースシールド15aや放電テナパなどの接地されている部品までの最短距離（b）を、少なくとも1cm以上、好ましくは2cm以上としている。これにより、中心導体のまわりおよびシールドのまわりにコロナ放電の強い放電が生じることが解消され、製膜速度分布の悪化が防止されるとともに、粉の発生を防ぐことができる。

【0068】なお、本実施の形態の具体的な実施例は第7実施例において詳細に説明する。

【0069】【第3の実施の形態】図17は、第3の実施の形態のラダー電極への給電部の一断面図であり、図18はそのA部拡大図である。

① ラダー電極11への給電部13の金属コネクタ201を、外径10mmφ以上40mmφ以下、好ましくは15mmφ以上30mmφ以下の絶縁物202で覆うようにしている。これにより、給電部の金属コネクタ201のまわりに絶縁物202を設置するようにしたので、金属コネクタ201まわりのプラズマを完全に無くして製膜速度の均一性悪化を防止することができる。

【0070】② ①において、金属コネクタ201の外周と絶縁物202の内周の間隔（s）は、3mm以下、好ましくは1mm以下としている。これにより、中心導体201と外部シールドの絶縁物202の内周の間隔（s）が狭いので、その部分におけるプラズマの発生を防止することができる。

【0071】③ ラダー電極11への給電において、伝送線路をコネクタとレセプタクルで接続する構造とし、コネクタとレセプタクルの接続部内部の中心導体と外部シールドの間の径方向のすき間が3mm以下、好ましくは1mm以下となるように絶縁物を詰めた構造としている。これにより、放電が生じる空間をなくし、放電を起こりにくくしている。

【0072】なお、本実施の形態の具体的な実施例は第8実施例において詳細に説明する。

【0073】【第4の実施の形態】図19は第4の実施の形態の電力分割方法の概念図である。図20は本実施例の効果を示すための概念図である。図19に示すように、本実施例のラダー電極11は、高周波電源71から整合器72を介して、同軸ケーブル73で供給されている。前記整合器72の出力コネクタはN型で、そこに同軸ケーブル73、N型Tアダプタ74、10D-2Vケーブル75、N型Tアダプタ76、10D-2Vケーブル77、N型コネクタ付フランジ78、真空用同軸ケーブル79を各々を接続している。

① 高周波を用いたプラズマ発生装置において、ラダー電極11への高周波供給13-1〜13-4を多点で行う際に、高周波供給源71からの一出力を4つに分割す

るために、供給源からの一出力を同軸ケーブル73で行い、それを2分割し、それぞれ高周波のケーブル内の波長の4分の1の長さで、前記同軸ケーブル73と同じ特性インピーダンスの同軸ケーブル75、75に接続し、さらにその先端をそれぞれ2分割し、それぞれ前記同軸ケーブル75と同じ特性インピーダンスの同軸ケーブル77、77を接続することにより4つに分割するようにしている。

【0074】これにより、高周波電源71から供給した電力のうち、伝送線路で損失する部分が減り、プラズマに供給される部分が増加することとなる。また、同じ供給電力でも、同軸ケーブル75の長さを50cmとしたときの方が、長さを60cmとしたときより製膜速度が速くすることができる。

【0075】② 前記において「同軸ケーブル」を「分布定数線路」としても同義である。

【0076】なお、本実施の形態の具体的な実施例は第9実施例において詳細に説明する。

【0077】

20 【実施例】以下、本発明の好適な実施例に基づいて本発明の内容を説明するが、本発明はこれに限定されるものではない。

【0078】【実施例1】図1は第1の実施例を示す概念図であり、第1の実施の形態の好適な一実施例である。図1に示すように、本実施例にかかっているラダー電極11は、複数の電極棒12aを平行に並べ、その両端を電極棒12b、12cでつないで、梯子状の電極を構成してなり、給電点13（13-1〜13-4）を高周波放電電極11の一边の二等分線を基準線14として線対称の所定の距離に配置してなるものである。前記給電点13-1〜13-4には、伝送線路として同軸ケーブル15を用い、高周波電源16から整合器17を介して高周波電力が供給されている。

【0079】前記高周波電源16は、例えば60MHz、150WのVHF帯高周波を発生する。この高周波を整合器17を介して同軸ケーブル15でラダー電極11上の4つの給電点13-1〜13-4に供給した。本実施例では、伝送線路として同軸ケーブル15を用いているが本発明はこれに限定されるものではない。なお、

40 前記同軸ケーブル15は、VHF帯高周波を低損失で伝送できる簡単で低コストに実施することができ、好ましい。この他、伝送線路として例えば2本の平行金属板による伝送線路を設計して用いる方法などもあるが、反応容器内でのとりまじし等に若干不便である。また、本実施例では、反応容器内の同軸ケーブルには、真空用同軸ケーブルを用いた。一般に同軸ケーブルは、50Ωまたは75Ωであるが、本実施例は50Ωのものを用いた。プラズマインピーダンスは50Ω以下と考えられるので反射波の発生を少なくするためになるべく低いインピーダンスの伝送線路を用いるのが良いと考えられる。

【0080】図1に示すラダー電極においては、同軸ケーブル15の分枝部は単に並列に接続した。ここでは2段階で4分割したが、一度に4分割しても良いことはいうまでもない。但し、前記整合器17から給電点13-1~13-4までの距離はすべて等しくなるようにした。

【0081】本実施例にかかるラダー電極11は、その大きさを $4.2\text{ cm} \times 4.2\text{ cm}$ とし、材質をSUS製とし、構成する電極棒12aの径は $6\text{ mm } \phi$ としている。前記給電点13-1~13-4はラダー電極11の棒電極12aの両端をつないで外周部分を構成する棒電極12bにとった。4つの給電点13-1~13-4のうち、それぞれ2つずつが1本のラダー電極棒12aの両端になるようにし、その電極設置位置はラダー電極11の中心線を基準線14として上下対称となる所定位置(d1)とした。

【0082】図2は図1に示すラダー電極11を用いた高周波プラズマ発生装置の配置図である。図2に示すように、PCVD21は、真空容器22内に反応ガス23を導入するガス導入管24を有するガス供給手段と、基板25の加熱と支持とを兼用する基板加熱・支持手段26と、基板加熱・支持手段26と原料ガス導入管24との間に配された図1に示すラダー電極11とを配設してなるものであり、排気管27を通して真空ポンプ28により真空容器22内のガスを排気している。

【0083】前記ラダー電極11のアースシールド29は、プラズマがラダー電極11と真空容器22の間に発生するのを防ぐためと、ガス導入管24から供給される反応ガス(モノシランガス)23がラダー電極11を通してプラズマとなり、基板25に向かって導くようにするために設置している。この反応ガス(モノシランガス)23は、反応に供された後、真空ポンプ28により排気される。ガス圧は 80 mTorr になるように調整している。

【0084】前記装置において、真空容器22内に反応ガス23を供給すると、モノシランのプラズマはラダー電極11の周辺および基板25との間に発生した。本実施例では、基板25は、 $3.0\text{ cm} \times 3.0\text{ cm}$ の大型ガラス製とした。この状態で基板25上にa-Siの製膜を行った。

【0085】図4に本実施例での製膜速度分布を示す。図4によれば、本実施例では、 $\pm 10\%$ の均一分布を得ることが確認された。

【0086】【第2の実施例】図3は図1に示すラダー電極を2点給電方式に変更したもので、説明は省略する。この図3に示す2点給電に変更したラダー電極11によれば、図5に示すように、製膜速度分布は基板の大部分が均一

性 $\pm 10\%$ 以内に入ることが確認された。

【0087】なお、図には示さないが、さらに大型の電極において8点給電を行った場合、給電点から最も遠い点までの距離が波長の $1/4 \sim 1/8$ である場合にも均一な分布が得られた。

【0088】一方、前記大型電極において4点給電した場合、波長の $1/4$ 以上となると、給電点から遠い位置の製膜速度が増大し、非常に不均一となってしまった。

【0089】【比較例】従来技術を示すラダー電極の中央1点給電の場合の分布は、図6に示すように、均一性 $\pm 40\%$ であり、実用に供することができない、ことが判明した。

【0090】図1, 2, 3に示した例では、給電点を基板と対向しないラダー電極の周辺部に付けた。これにより、給電線のまわりに点くプラズマの製膜速度不均一性への影響を低減した。

【0091】製膜速度均一性に最も影響を与えるのが、ラダー電極上に生ずる定在波分布と考えられる。第1の先行技術文献(J. Appl. Phys. 54(8), 1983, 4367)に述べられている様に、一次棒電極では終端が開放された条件では終端の電圧が最も高く、そこを基点として $\lambda/4$ まで単調減少する定在波分布となる。この原理を二次元電極であるラダー電極に拡張し、近似的に考えると、ラダー電極上の給電から最も遠い点を開放端とし、給電点に向って $\lambda/4$ まで単調減少する定在波分布が生じる。多点で給電すれば、定在波分布は近似的にそれぞれの給電点からの定在波の重ね合わせと考えられる。したがって、給電点までの距離が最も遠いラダー電極上の点の、給電点までの距離を $\lambda/4$ 以下とすれば、定在波の分布はそれほど大きくなり、特に $\lambda/8$ 以下とすれば、定在波分布はほとんどなくなる。このように、ラダー電極と多点給電を組み合わせることで定在波を制御できるようになり、均一分布を得ることができるようになった。

【0092】図1では給電点を4つにしたことにより、ラダー電極上の定在波分布が均一になり、プラズマが均一になって、製膜速度均一性が向上した。また、本実施例での給電点13からラダー電極11上の最も遠い点までの距離は 5.8 cm であり、波長の $1/14$ である。これにより定在波による放電不均一性が改善され、均一製膜に寄与した。

【0093】また、アースをとらないことにより、アースを接続した点の電圧が低くなって製膜速度を低下させることがなくなった。

【0094】図3の場合には最も遠い点までの距離は 4.2 cm であり、波長の $1/12$ である。このため定在波分布が改善され、均一性が向上した。

【0095】また、さらに大型の電極において、8点給電を行った場合も、給電点から最も遠い点までの距離が波長の $1/4 \sim 1/8$ である場合でも、 $1/8$ 以下と同

様均一な分布を得ることが確認できた。

【0096】このように、給電点から最も遠い点までの距離が波長の $1/6$ 以下であれば、均一な電圧分布が得られ、製品に用いることができる均一な製膜速度分布を得ることができる。 $1/8$ 以上 $1/4$ 以下でも、おおむね満足のいく均一性が得られる。一方、 $1/4$ 以上では定在波分布により、給電点から遠い位置の製膜速度が増大して、不均一分布となってしまう。

【0097】中央1点給電の場合には、定在波分布については最も遠い点までの距離が $1/6$ であるので比較的均一になっているはずである。しかし、給電点が1点であるとともに、中央にあるために、給電線のまわりに点くプラズマの影響により、不均一な分布となってしまう。

【0098】これに対し、図1、2、3に示した例では、給電点を基板と対向しない位置に付けたので、給電線のまわりに点くプラズマの影響が、基板上の製膜速度分布にはあまり影響していないと考えられる。この給電線のまわりのプラズマについては、後述する実施例3で詳しく述べる。

【0099】図1、2、3に示した4点または2点給電の本実施例においては、ラダー電極の各給電点の配置を左右対称とした。これにより、ラダー電極上の電圧が対称な形となった。これらの実施例では、給電点位置の微調整を製膜速度分布を見ながら行ったが、このように対称な形が得られるので、調整の指針を得やすかった。これに対し、図示しないが、非対称な配置では複雑な分布が生じ、微調整をどのように行ったら良いか不明であった。

【0100】上述した実施例はラダー型電極であったが、次に、グリッド型電極についての実施例を説明する。

【0101】第1及び第2の実施例の水平棒だけを用いたラダー型電極に加え、水平、垂直な電極棒を用いたグリッド型ラダー電極も同様の効果が期待できる。

【0102】【第3の実施例】図7は第3の実施例にかかるプラズマ蒸着装置の高周波放電電極の斜視図であり、第1の実施の形態の好適な一実施例である。図7に示すように、第3の実施例にかかる高周波放電電極41は、複数の電極棒42を平行に並べた電極棒群を2つ互いに直交させて、網目状に配置してなる格子状の電極を構成してなり、給電点43（43-1〜43-4）を高周波放電電極41の一边の二等分線を基準線44として線対称の位置に配置してなるものである。なお、格子の形状は本実施例に限定されるものではない。本実施例にかかる高周波放電電極41は、図25に示した蒸着装置031の高周波放電電極038の代わりに適用されるものである。

【0103】すなわち、本実施例では、二等分線の基準線44から所定距離D₁をもって給電点43-1、給電

点43-2、給電点43-3、給電点43-4を4箇所形成しており、結果として、高周波放電電極41の四隅の4点に給電点を配するようになっている。このように、二等分線44から所定距離D₁をもって給電点43-1と給電点43-2とが配置され、同様に給電点43-3と給電点43-4とが配置してなるので、図8に示すように、電圧分布が略均一となり、薄膜形成において、十分均一なもの（±10%以下）を得ることができる。

【0104】【第4の実施例】図9は第4の実施例にかかるプラズマ蒸着装置の高周波放電電極の斜視図であり、第1の実施の形態の好適な実施例である。図9に示すように、本実施例にかかる高周波放電電極51は、電極棒52を網目状に配置して格子状の電極を構成してなり、給電点53（53-1〜53-4）を高周波放電電極51の一边の二等分線を基準線54として線対称の位置に配置してなるものである。

【0105】本実施例では、第1の実施例に比べて中央寄りでは基準線54から所定距離D₂をもって給電点53-1、給電点53-2、給電点53-3、給電点53-4を4箇所形成するようになっている。このように、二等分線54から所定距離D₂をもって給電点53-1と給電点53-2とが配置され、同様に給電点53-3と給電点53-4とが配置してなるので、図10に示すように、第3の実施例より更に均一な電圧分布を得ることができ、薄膜形成において、十分均一なもの（±10%以下）を得ることができる。

【0106】【第5の実施例】図11は本実施例にかかるプラズマ蒸着装置の高周波放電電極の斜視図であり、第1の実施の形態の好適な実施例である。第5の実施例では、先に説明した第3及び第4の実施例に比べて大面積化を図ったものであり、図11に示すように、本実施例にかかる大型の高周波放電電極61は、電極棒62を網目状に配置して格子状の電極を構成してなり、給電点63（63-1〜63-4）を高周波放電電極61の一边の二等分線を基準線64として線対称の位置に複数配置してなるものである。

【0107】本実施例では、基準線64から第1の所定距離D₃及び第2の所定距離D₄をもって電極の8カ所に給電点を配置するようになっている。このように、本実施例では、基準線64から第1の所定距離D₃をもって給電点63-1と給電点63-2とが配置され、同様に第1の所定距離D₄をもって給電点63-3と給電点63-4とが配置されており、更に、第2の所定距離D₄をもって給電点65-1と給電点65-2とが配置され、同様に第2の所定距離D₄をもって給電点65-3と給電点65-4とが配置され、複数の給電点が所定距離をもって配置されているので、図12に示すように、電圧分布が略均一となり、第1の実施例よりも大面積化を図った薄膜形成において、十分均一なもの（±10%以下）を得ることができる。

【0108】第6の実施例図13は第6実施例にかかるプラズマ蒸着装置の高周波放電電極の斜視図であり、第1の実施の形態の好適な一実施例である。図14は本実施例により得られた製膜速度分布である。

【0109】図13に示すように、高周波電源16から整流器17を介して同軸ケーブル15によりグリッド型ラダー電極31の電極棒32から構成される中央部分の4本の格子の四隅に、4つの給電点33（33-1～33-4）を配置してなるものであり、本実施例では給電点33（33-1～33-4）を電極31の周部分ではなく、中央付近にとり付けたものである。また、同軸ケーブル15は給電点33にグリッド型ラダー電極31の裏側から取付ており、60MHz、150WのVHF帯高周波を印加している。

【0110】第1の実施例と同様にモノシランを放電部に流し、プラズマを生成し、製膜を行った。製膜速度分布は図14に示すように、±20%以内になり、実機に何とか使える性能を得ることができた。ただし、給電点付近のプラズマはVHF帯高周波入力増大にもなって強くなる傾向があり、150W以上の入力では均一性が悪化するおそれもあった。

【0111】本実施例によれば、ラダー電極として、グリッド型を用いても、水平棒型のラダー型電極と同様の均一性が得られることが示された。また、給電点を中央付近に取付けなくても、第1の実施例の周辺部に取付けた場合とそれほど変わらない均一性を得ることができた。ただし、これはVHF帯高周波入力150W程度までの比較的低入力の場合に限られる。

【0112】【第7の実施例】図15は、ラダー電極への給電部の一実施例の詳細図であり、第2の実施の形態の好適な一実施例である。図16はその要部側面図である。第1の実施例では給電点は単に同軸ケーブルの中心導体を給電点にねじ止めたものであった。60MHz、150W程度では給電点付近のケーブルまわりの不要なプラズマの発生は顕著ではなかったので、良好な均一製膜ができた。

【0113】本実施例は第1の実施例と同じ構成において、供給する高周波電力を100MHz、200Wで行った。このとき、第1の実施例のような給電構造とすると、中心導体のまわりおよびシールドのまわりにコロナ放電の強い放電が生じ、製膜速度分布の悪化のおそれがあるとともに、粉の発生が見られた。

【0114】そこで、まず同軸ケーブルの中心導体（図では見えない）に太さ10mmφの金属コネクタ101をかき止めし、その一端をラダー電極11の電極棒12bの給電点13にネジ102で固定した。給電点13のあるラダー電極棒12bや、その周辺の電極棒12aはすべて太さ6mmφである。この金属コネクタ101は長さ2.5cmとし、絶縁物を巻かないむき出しの部分を2cmとし、同軸ケーブル15側の終端金属104から5mm

の部分に円環絶縁物103を取付けた。同軸ケーブル15のアースシールド15aの終端金属104からラダー電極11の給電点13までの距離（a）は2.5cmとした。

【0115】金属コネクタ101および同軸ケーブル15は、ラダー電極11の基板25側と反対側（裏側）にラダー電極11に対して垂直になるように取付けた。

【0116】また、本実施例においては、アースシールド29から金属コネクタ101までの最短距離（b）は3cmとした。

【0117】ラダー電極を用いてVHF帯高周波で製膜を行う場合、ラダー電極への給電点付近に生じるプラズマによる均一性の悪化が問題となる。給電点付近に生じるプラズマとしては、①給電点に接続する金属コネクタのまわりに生じるもの、②同軸ケーブルのアースシールドの終端金属の周囲につくもの、③同軸ケーブルのアースシールドの周囲につくもの、の3つがある。

【0118】給電点13と同軸ケーブル15の中心導体を結ぶ金属コネクタの太さを、給電点付近のラダー電極棒の太さより太くしたことにより、金属コネクタの周囲の集中電界がラダー電極棒周囲の集中電界より弱くなり、金属コネクタ周囲のプラズマがラダー電極棒周囲のプラズマより弱くなって、製膜速度への影響が小さくなった。中心導体をそのまま接続すると中心導体は細いので、電界が集中し、強いプラズマが中心導体のまわりに発生し、粉が発生してしまった。

【0119】給電点13と同軸ケーブル15のアースシールド15aの終端金属部104の距離（a）を、少なくとも1cm以上、好ましくは2cm以上とすることにより、アースシールドの終端金属部104のまわりに生じるプラズマが弱くなった。これは、高電位のラダー電極11とアース電位のアースシールドの終端金属104の距離が遠くなったため、この間に生ずる電界が弱くなったためと考えられる。なお、距離（a）を1cm以下とするとアースシールドの終端金属104のまわりにプラズマが発生し、粉が発生してしまい、好ましくない。

【0120】また、同軸ケーブル15および金属コネクタ101をラダー電極11の裏側（基板25と反対側）からラダー電極11と直交する方向に取付けたので、金属コネクタ101や同軸ケーブル15のシールドのまわりの電界が弱くなって同軸ケーブル15のシールドのまわりに付くプラズマの強さ自体が弱くなるとともに、これらのプラズマが基板から比較的遠くなり、製膜速度分布への影響が小さくなった。なお、ラダー電極11と同軸ケーブル15との取付け角度を45°以下とすると、同軸ケーブル15のシールドのまわりのプラズマが強くなり、好ましくない。

【0121】また、アースシールド29から金属コネクタ101までの距離（b）を少なくとも1cm以上、好ましくは2cm以上とすることにより、金属コネクタ101とアースシールド29の間に立つプラズマを抑制するこ

23

とができ、製膜速度分布への影響を少なくすることができた。なお、距離 (b) が 1 cm 以下ではプラズマが強くなり、粉が発生してしまい、好ましくない。

【0122】第8の実施例 図17は、ラダー電極への給電部の一実施例の断面図であり、第3の実施例の形態の好適な一実施例である。図18はそのA部拡大図である。本実施例では、ラダー電極11と基板25、基板ヒータ26、アースシールド29を本実施例で同様設置した。また、ラダー電極11の給電点13にラダー電極11を構成する棒12aと同じ径6mmのSUS304棒でできた金属コネクタ201をねじ200で固定した。金属コネクタ201はステンレス製よりも導電率の高い銅やアルミニウムなどを用いても良いが、ここでは不純物の発生を抑えるためにSUS304製とした。

【0123】なお、上述した実施例では、ねじとして、ねくねじを用いていたが、今回120MHzの周波数で放電の集中が見えたので、本実施例ではねじ200としてさらくねじを用い、ねじ頭が出張らないようにして、これを解消した。

【0124】また、本実施例では、金属コネクタ201の周囲を絶縁物202で覆った。絶縁物202の内径は金属コネクタ201の外径より1mm太くして、隙間(s)を0.5mmとし、外径は2.0mmとした。絶縁物202の内径と金属コネクタ201の外径の隙間(s)が3mm以上とすると、60MHz、200W以上の入力での隙間に放電が生じることが確認された。しかしながら、本実施例のように、隙間(s)が0.5mmでは120MHz、200Wでも放電は生じなかった。また、絶縁物202の外径が1.0mmφ以下であると、同じく60MHz、200W以上の入力での外周に局所的なプラズマが発生した。しかしながら、絶縁物202の外径が2.0mmφでは120MHz、200Wでも放電は生じなかった。

【0125】図17に示すように、本実施例では、金属コネクタ201と絶縁物202は、そのままアースシールド29に設けたレセプタクル203に追う構造とした。この部分に同軸ケーブル15の先端に取付けたコネクタ204を接続した。

【0126】また、同軸ケーブル15の中心導体205の先端には、ジャックコネクタ206を押し止めし、金属コネクタ201にはめ込んだ。一方、同軸ケーブル15のアースシールド15aは、先端リング207に溶接し、スプリングリング208とコネクタ204の袋ナット209で、アースシールド29のレセプタクル203に接続した。

【0127】また、ジャックコネクタ206の外径は金属コネクタ201の外径と同じとし、絶縁物202の内径との隙間(s)を0.5mmとした。レセプタクル203とコネクタ204で構成する溶接部の内部は、絶縁物202を詰め込んだ構造とし、すべての隙間の壁と壁の間の距離を0.5mmとした。隙間(s)が3mm以上とすると60MHz

24

z、200W以上で放電が生じた。0.5mmでは、120MHz、200Wでも放電しなかった。

【0128】第7の実施例では高周波数、大パワー(例えば100MHz、200W)であっても均一な製膜速度分布が得られた。これは、不要なプラズマが弱くなり、製膜への影響が少なくなったからであった。また、第7の実施例では給電部を基板と対向しない、電極の周りに付けたことも、影響が少なかった要因である。

【0129】第6の実施例の配置のように基板と対向する、電極の中央付近に取付けた場合や、第7の実施例の給電方法では、高周波数大パワーの際に製膜速度の均一性が悪化した。また、第1の実施例の配置でも、さらに高周波数化、大パワー化(例えば120MHz、200Wなど)を行うと、製膜速度分布が悪化するとともに、粉の発生が生じた。

【0130】本実施例では給電部の金属コネクタのまわりに絶縁物202を設置することにより金属コネクタ201まわりのプラズマを完全に無くして製膜速度の均一性を防止した。

【0131】また、コネクタ201とレセプタクル203の接続部内部の中心導体と外部シールドの間に広い空隙があると、その部分にプラズマが発生するので、絶縁物202を設置して、空隙を狭めることによりプラズマ発生を防止した。

【0132】本実施例において、絶縁物202が金属コネクタ201の周囲、またはコネクタ201とレセプタクル203の接続部内部で放電防止の効果を持つ理由は以下のとおりである。直流電界下では絶縁物には電流が流れにくいので、放電電流を抑制し、放電が起こりにくくなる。しかし、高周波電界下では、変位電流により絶縁物にも電流が流れるので、この効果による放電の抑制は無い。ここでの絶縁物の効果は、放電するモノシリンガスのある空間を無くすことにより放電体積をなくしてしまうことである。直流電界下のように、放電電流を妨げる効果ではない。従って、薄い絶縁物では効果がない。

【0133】金属コネクタ201のまわりの絶縁物202には今回は円筒を用いたが、本発明では何種限定されるものではなく、例えば角型のものや、円筒のようにつけられがつかないものも適宜使用することができると考えられる。

【0134】金属コネクタ201の周囲の絶縁物202の内径内側に関しては、理想的には完全に隙間(s)を無くするのが良いが、現実的には熱膨脹や製作精度を考えると、わずかなすき間が必要である。高周波放電では、シース厚さ以下の充分薄いすき間であれば絶縁破壊しない領域があるので、これを利用した。本実施例では実験結果から考えて、実験例に示した範囲がそのような範囲にあると考えられる。

【0135】また、絶縁物202の外径は放電可能な空間を減らすためには、できるだけ太い方がよいが、あまり太くするとラダー電極の主流電にも影響を与えてしま

い、製膜速度分布の均一性に影響してしまふ。実験例で示した範囲が、コネクタ周囲の不要なプラズマ発生を防止し、主放電に影響しない範囲と考えられる。

【0136】コネクタレセプタクル接続部内部は、放電抑制のために絶縁物内側も外側も充分薄い空間になるように絶縁物を詰めて放電可能な空間を無くした。隙間が広すぎた放電が生じた場合、粉が発生したり、中心導体、アース間の絶縁抵抗が悪化して短絡したりした。

【0137】また、伝送線路の取付けをコネクタレセプタクル接続型とすることによって、ラダー電極のアースシールドと伝送線路（本例では同軸ケーブル）のアースシールドとが短絡されて電位差がなくなり、伝送線路のアースシールドまわりの不要なプラズマの発生が抑えられるとともに、メンテナンス時の伝送線路の取付け、取り外しが容易となった。

【0138】【第9の実施例】図19は第9の実施例の電力分割方法の概念図であり、第4の実施の形態の好適な一実施例である。図20は本実施例の効果を示すための概念図である。図19に示すように、本実施例のラダー電極11は、高周波電源71から整合器72を介して、同軸ケーブル73で供給している。前記整合器72の出力コネクタはN型で、そこに同軸ケーブル73を接続している。同軸ケーブル73は特性インピーダンス50Ωの10D-2Vケーブルで、長さは1mとした。同軸ケーブル73の両端はN型コネクタとし、先端側をN型Tアダプタ74につなぎ2つに分割した。これに2本の特性インピーダンス50Ωの10D-2Vケーブル75を接続した。この両端もN型コネクタで、先端側をさらに2つのN型Tアダプタ76で計4つに分割した。これにさらに計4本の特性インピーダンス50Ωの10D-2Vケーブル77を接続した。ケーブル長さはそれぞれ20cmとした。この両端もN型コネクタで、先端は放電チャンバ（図示していない）の壁面に取付けた計4つのN型コネクタ付フランジ78にそれぞれ取付けられた。放電チャンバ内では計4本の真空中同軸ケーブル79を用いて、ラダー電極11の4つの給電点13（13-1～13-4）にそれぞれ接続した。長さはそれぞれ90cmとした。

【0139】まず、2分割した部分の2本の同軸ケーブル75の長さを、それぞれ60cmとした。ここの長さは、N型Tアダプタ74内部の分岐点から同軸ケーブル75を通してN型Tアダプタ76の内部の分岐点までを言う。そして、整合器72でマッチングを取り、100MHz、200WのVHF帯高周波を供給した。SiH₄、流量200sccm、圧力80mTorrで製膜したところ、製膜速度6.5Å/sでアモルファスシリコンが均一に製膜できた。

【0140】次に、2分割した部分の2本の同軸ケーブル75の長さを、それぞれ50cmとして、同様にマッチングを取り、100MHz、200Wの超高周波を供

給した。同じくSiH₄、流量200sccm、圧力80mTorrで製膜したところ、製膜速度10.2Å/sでアモルファスシリコンが均一に製膜できた。

【0141】同軸ケーブル75の長さを50cmとしたときに製膜速度が向上した理由は以下のとおりである。同軸ケーブル73は50Ω、同軸ケーブル75は50Ωが2本並列であるから計25Ω、同軸ケーブル77は50Ωが4本並列であるから計12.5Ωである。

【0142】図20のようにA、B、C、3つの分布定数線路を接続する場合、それぞれの特性インピーダンスR_A、R_B、R_Cの間に「数1」に示す式（1）の関係があるとき、中央のBの部分の長さが高周波波長λの1/4であるとき、A-B間の①からとB-C間の②からの反射波が打消し合い、①、②からの反射が見かけ上ゼロになる。

【0143】

【数1】

$$R_B = \sqrt{R_A R_C} \quad \dots (1)$$

20 この原理は「λ/4変成器」と呼ばれ、例えば第4の先行技術文献（小西良弘著「無線通信回路入門講座」総合電子出版社p178）に述べられている。

【0144】本実施例でも同軸ケーブル73をA、2本の同軸ケーブル75をB、4本の同軸ケーブル77をCと考えれば、以下「数2」に示すように式（2）が成り立つ。

$$R_A = 50, R_B = 25, R_C = 12.5$$

【0145】

【数2】

$$25 = \sqrt{50 \cdot 12.5} \quad \dots (2)$$

したがって、Bにあたる2本の同軸ケーブル75がそれぞれ波長の1/4であれば、これらの両端での反射波がキャンセルされ、見かけ上ゼロとなる。

【0146】反射波がゼロになったことにより、整合器72からラダー電極11までの電力伝送線路に生じる定在波のうち、同軸ケーブルの分岐点に起因する部分がなくなる。定在波が生じていると、大電流、高電圧の部分ができるため、電流損、誘電損が大きくなるが、前記により、これらの損失がかなり低減された。したがって、電源から供給した電力のうち、線路で損失する部分が減り、プラズマに供給される部分が増加したと考えられる。これにより、同じ供給電力でも、同軸ケーブル75の長さを50cmとしたときの方が、60cmとしたときより製膜速度が速くなったものと考えられる。

【0147】本実施例では特性インピーダンス50Ωの同軸ケーブルを用いたが、任意の特性インピーダンスRの分布定数線路を用いても、下記「数3」に示す式

（3）が成り立つので、中間の2本の分布定数線路の長さをλ/4とすることにより同様の効果が期待できる。

【数3】

$$R_s = R, R_o = R/2, R_c = R/4$$

$$R_o = \sqrt{R_s \cdot R_c} \quad \dots (3)$$

【0148】また、4分割した先をさらにそれぞれ4分割して、16分割する場合にも、同様の方法が利用できる。

【0149】

【0150】

【0151】

【発明の効果】以上説明したように、第1の発明によれば、反応容器内に放電電極と基板支持手段とが平行に配置されており、整合器を介して高周波電源から前記放電電極に高周波電力を給電する高周波プラズマ発生装置であって、前記放電電極が少なくとも2点以上の高周波電力の給電点を有するラダー型又はグリッド型放電電極であると共に、伝送線路を放電電極の給電部に接続する際、給電点と伝送線路のパワーラインを結ぶ絶縁されていないむき出しの金属コネクタの太さを、給電部付近の電極棒の太さと同様にすることで、中心導体のまわりおよびシールドのまわりにコロナ放電状の強い放電が生じることが解消され、製膜速度分布の悪化が防止されるとともに、粉の発生を防ぐことができる。

【0152】第2の発明によれば、第1の発明において、基板に対向しない、放電電極の周辺部に前記給電部を設けたので、基板上の放電分布の均一性に影響するラダー電極上の電圧分布を充分小さく抑えることができ、大面積化しても均一な蒸着が可能となる。

【0153】第3の発明によれば、第1又は2の発明において、給電点と伝送線路のアースラインの終端金属部の距離を、少なくとも1 cm以上とするので、中心導体のまわりおよびシールドのまわりにコロナ放電状の強い放電が生じることが解消され、製膜速度分布の悪化が防止されるとともに、粉の発生を防ぐことができる。

【0154】第4の発明によれば、第1乃至3の発明において、伝送線路のパワーラインの金属部分から接地部分までの最短距離を、少なくとも1 cm以上とするので、中心導体のまわりおよびシールドのまわりにコロナ放電状の強い放電が生じることが解消され、製膜速度分布の悪化が防止されるとともに、粉の発生を防ぐことができる。

【0155】第5の発明によれば、第1乃至4の発明において、放電電極への給電部の金属コネクタを、外径1.0 mm以上4.0 mm以下の絶縁物で覆うので、金属コネクタまわりのプラズマを完全に無くして製膜速度の均一性悪化を防止することができる。

【0156】第6の発明によれば、第5の発明において、金属コネクタの外周と絶縁物の内周の隙間を、3 mm以下とするので、その部分におけるプラズマの発生を

防止することができる。

【0157】第7の発明によれば、第1乃至6の発明において、放電電極への給電構造が、伝送線路をコネクタとレセプタクルとで接続する構造とし、コネクタとレセプタクルの接続部内部の中心導体と外部シールドの間の径方向の隙間をそれぞれ3 mm以下とした絶縁構造とするので、直流電界下では絶縁物には電流が流れにくいので、放電電流を抑制し、放電が起こりにくくなる。

【0158】第8の発明によれば、反応容器内に放電電極と基板支持手段とが平行に配置されており、整合器を介して高周波電源から前記放電電極に高周波電力を給電する高周波プラズマ発生装置であって、前記放電電極がラダー型放電電極であり、該ラダー型放電電極の電極面のうち基板と対向する範囲のすべての点から前記給電点の少なくとも1つまで電極に沿って測った最短の距離が、高周波の真空中波長の1/4以下となるように給電点の数と給電点の位置を設定するので、基板上の放電分布の均一性に影響するラダー電極上の電圧分布を充分小さく抑えることができ、均一な製膜速度分布を得ることができる。

【0159】第9の発明によれば、反応容器内に放電電極と基板支持手段とが平行に配置されており、整合器を介して高周波電源から前記放電電極に高周波電力を給電する高周波プラズマ発生装置であって、放電電極への高周波供給を多点で行う際に、高周波供給線からの一出力を複数に分割する給電線路が同軸ケーブルであり、同軸ケーブルを2分割し、それぞれ高周波のケーブル内の波長の4分の1の長さで、前記同軸ケーブルと同じ特性インピーダンスの同軸ケーブルに接続し、さらにその先端をそれぞれ2分割し、それぞれ前記同軸ケーブルと同じ特性インピーダンスの同軸ケーブルを接続することにより複数に分割するので、高周波電源から供給した電力のうち、伝送線路で損失する部分が減り、プラズマに供給される部分が増加することとなる。

【0160】第10の発明によれば、第9の発明において、同軸ケーブルが分布定数線路としても同様に、高周波電源から供給した電力のうち、伝送線路で損失する部分が減り、プラズマに供給される部分が増加することとなる。

【0161】第11の発明によれば、反応容器内にラダー型又はグリッド型放電電極と基板支持手段とが平行に配置されており、整合器を介して高周波電源から前記放電電極に高周波電力を給電する高周波プラズマ発生装置の給電方法であって、前記給電点を2点以上の多点として給電すると共に、前記放電電極の電極面のうち基板と対向する範囲のすべての点から前記給電点の少なくとも1つまで電極に沿って測った最短の距離が、高周波の真空中波長の1/4以下となるように給電点の数と給電点の位置を設定しつつ給電するので、基板上の放電分布の均一性に影響するラダー電極上の電圧分布を充分小

さく抑えることができ、均一な製膜速度分布を得ることができる。

【0162】第12の発明によれば、第11の発明において、放電電極への高周波供給を多点で行う際に、高周波供給源からの出力を複数に分割する給電線路が同軸ケーブルであり、該同軸ケーブルを2分割し、それぞれ高周波のケーブル内の波長の4分の1の長さで、前記同軸ケーブルと同じ特性インピーダンスの同軸ケーブルに接続し、さらにその先端をそれぞれ2分割し、それぞれ前記同軸ケーブルと同じ特性インピーダンスの同軸ケーブルを接続することにより複数に分割しつつ給電するので、高周波電源から供給した電力のうち、伝送線路で損失する部分が減り、プラズマに供給される部分が増加することとなる。

【0163】以上、本発明によれば、膜厚が均一な非晶質薄膜及び微結晶薄膜を製造することができ、大面積化を図った薄膜形成において、十分均一なもの(±10%以下)を得ることができ、Si系薄膜形成技術(例えば太陽電池、TFT等の製造等)に用いて好適なものとなる。

【0164】

【0165】

【0166】

【0167】

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の本実施例にかかるプラズマ蒸着装置の高周波放電電極の斜視図である。

【図2】第1の実施例にかかるプラズマ蒸着装置の概略図である。

【図3】本発明の第2の本実施例にかかるプラズマ蒸着装置の高周波放電電極の斜視図である。

【図4】本発明の第1の本実施例にかかる製膜速度分布図である。

【図5】本発明の第2の本実施例にかかる製膜速度分布図である。

【図6】比較例にかかる製膜速度分布図である。

【図7】本発明の第3の本実施例にかかるプラズマ蒸着装置の高周波放電電極の斜視図である。

【図8】第3の実施例にかかる電極を用いた場合の電圧分布図である。

【図9】本発明の第4の本実施例にかかるプラズマ蒸着装置の高周波放電電極の斜視図である。

【図10】第4の実施例にかかる電極を用いた場合の電圧分布図である。

【図11】本発明の第5の本実施例にかかるプラズマ蒸着装置の高周波放電電極の斜視図である。

【図12】第5の実施例にかかる電極を用いた場合の電圧分布図である。

【図13】本発明の第6の本実施例にかかるプラズマ蒸着装置の高周波放電電極の斜視図である。

【図14】第6の実施例にかかる電極を用いた場合の電圧分布図である。

【図15】第7の実施例にかかるラダー電極への給電部の一実施例の詳細図である。

【図16】図15の要部側面図である。

【図17】第8の実施例にかかるラダー電極への給電部の一実施例の断面図である。

【図18】図17のA部拡大図である。

【図19】第9の実施例の電力分割方法の概念図である。

【図20】第9の実施例の効果を示すための概念図である。

【図21】プラズマCVD装置の概略図である。

【図22】従来のラダー型放電電極の斜視図である。

【図23】従来の平行平板型放電電極を用いたプラズマCVD装置の概略図である。

【図24】ラダー型放電電極と平行平板型電極との基板面積30cm×30cmでのプラズマ電源周波数と膜厚分布(平均膜厚からのずれ)の関係を示す特性図である。

【図25】プラズマ蒸着装置の概略図である。

【図26】従来のガス供給管、高周波放電電極及び基板の形状及び配置の一例を示す図である。

【図27】従来技術にかかる電極を用いた場合の電圧分布図である。

【符号の説明】

11 ラダー電極

12a, 12b 電極棒

13 (13-1〜13-4) 給電点

14 基準線

15 同軸ケーブル

16 高周波電源

17 整合器

21 PCVD

22 真空容器

23 反応ガス

24 ガス導入管

25 基板

26 基板加熱・支持手段

27 排気管

28 真空ポンプ

31 グリッド型ラダー電極

32 電極棒

33 (33-1〜33-4) 給電点

41, 51, 61 高周波放電電極

42, 52, 62 電極棒

44, 54, 64 基準線

43-1, 43-2, 43-3, 43-4 給電点

53-1, 53-2, 53-3, 53-4 給電点

63-1, 63-2, 63-3, 63-4 給電点

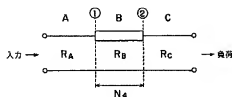
31

- 65-1, 65-2, 65-3, 65-4 給電点
 D_1 , D_2 , D_3 所定距離
 71 高周波電源
 72 整合器
 73 同軸ケーブル
 74 N型Tアダプタ

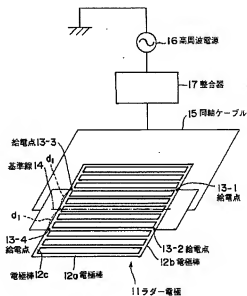
- * 75 10D-2Vケーブル
 76 N型Tアダプタ
 77 10D-2Vケーブル
 78 N型コネクタ付フランジ
 79 真空用同軸ケーブル

*

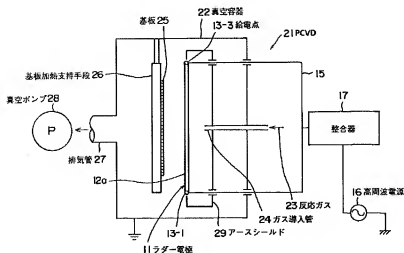
【図20】



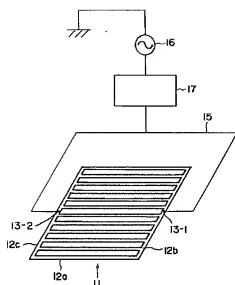
【図1】



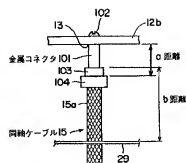
【図2】



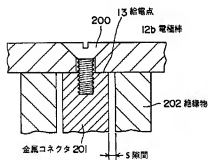
【図 3】



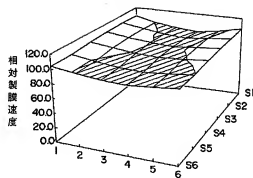
【図 16】



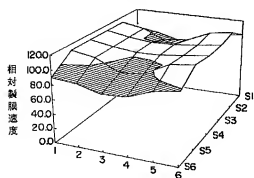
【図 18】



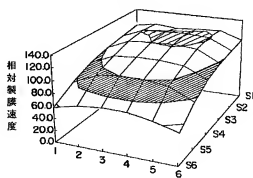
【図 4】



【図 5】

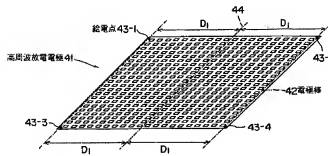


【図 6】



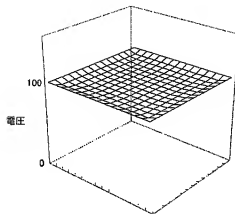
【図7】

本発明による大面積高周波放電電極の形状と給電点配置

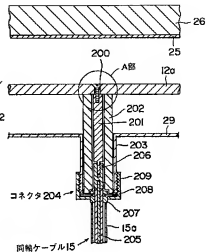


【図8】

電極形状と給電点配置による電圧分布図

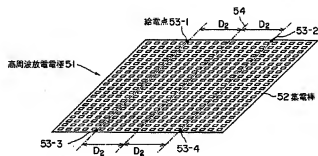


【図17】



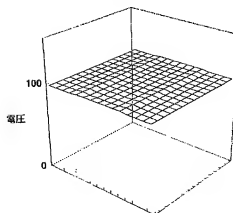
【図9】

本発明による大面積高周波放電電極の形状と給電点配置



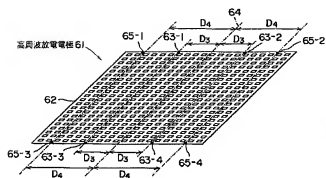
【図10】

電極形状と給電点配置による電圧分布図



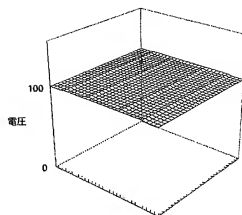
【図11】

本発明による大面積高周波放電電極の形状と
給電点配置

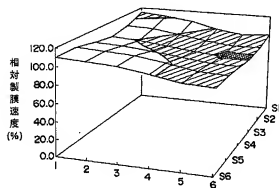


【図12】

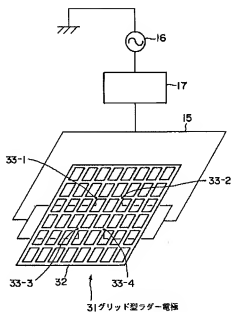
電極形状と給電点配置による電圧分布図



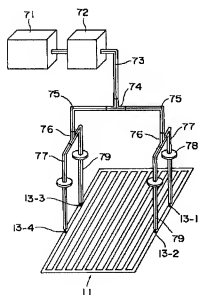
【図14】



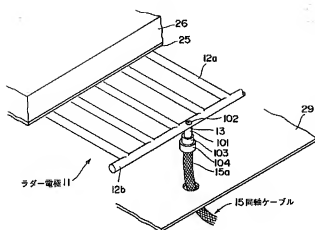
【図13】



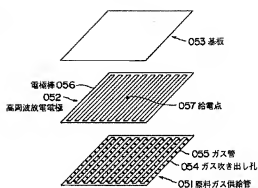
【図19】



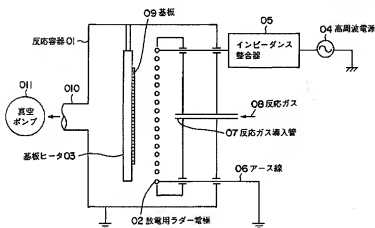
【図15】



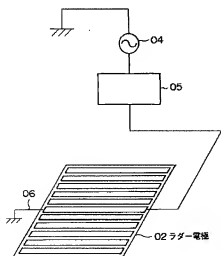
【図26】



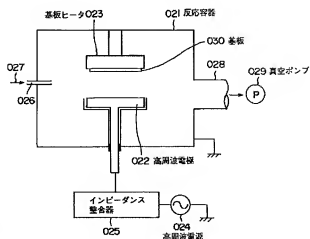
【図21】



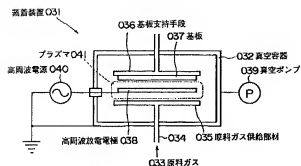
【図22】



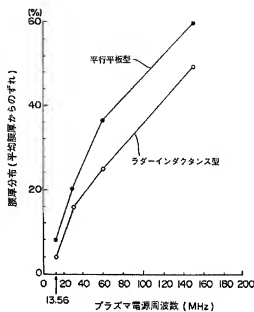
【図23】



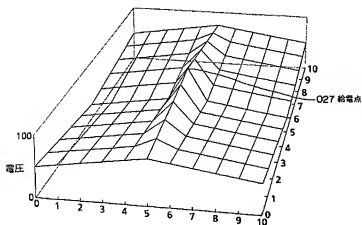
【図25】



【図24】



【図27】



フロントページの続き

(72)発明者 竹内 良昭
長崎県長崎市深堀町五丁目717番1号
三菱重工株式会社 長崎研究所内

(72)発明者 堀田 芳一
長崎県長崎市飽の浦町1番1号 三菱重
工業株式会社長崎造船所内

(72)発明者 佐竹 宏次
神奈川県横浜市金沢区幸浦一丁目8番地
1 三菱重工株式会社 基盤技術研究
所内

(72)発明者 小鍛冶 聡司
東京都千代田区丸の内二丁目5番1号
三菱重工株式会社内

- (72)発明者 森田 章二
神奈川県横浜市金沢区幸浦一丁目 8 番地
1 三菱重工業株式会社 基盤技術研究
所内
- (72)発明者 久留 正敏
東京都千代田区丸の内二丁目 5 番 1 号
三菱重工業株式会社内
- (72)発明者 堀岡 竜治
東京都千代田区丸の内二丁目 5 番 1 号
三菱重工業株式会社内
- (72)発明者 真島 浩
長崎県長崎市深堀町五丁目717番 1 号
三菱重工業株式会社 長崎研究所内
- 審査官 藤原 敬士
- (56)参考文献 特開 平 4-236781 (J P, A)
特開 平 8-325759 (J P, A)
特開 平 9-306696 (J P, A)
特開 平 8-8096 (J P, A)
特開 平 1-243413 (J P, A)
特開 平 7-211649 (J P, A)
特開 平 6-310439 (J P, A)
- (58)調査した分野(Int. Cl.⁷, D B 名)
H01L 21/205
C23C 16/50
H05H 1/46